Bemerkungen zu der Abhandlung des Herrn J. Scheiner
„Ueber die Abhängigkeit der Grössenangaben der Bonner Durchmusterung
von der Sternfülle“ in Astr. Nachr. Nr. 3505.

Von *J. C. Kapteyn*.

In meiner Abhandlung »*Différence systématique entre les grandeurs photographiques et visuelles dans les différentes régions du ciel*« (Bull. de la carte du ciel II pp. 131–158) habe ich den Wunsch ausgesprochen, dass sich einige mit den nöthigen Hilfsmitteln ausgerüstete Astronomen mit diesem Gegenstand eingehender beschäftigen möchten, um durch directe photographische und photometrische Vergleichen über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Hypothese einer systematischen Färbung der Sterne in der Milchstrasse eine definitive Entscheidung herbeizuführen.

Herrn Scheiner's Arbeit beschäftigt sich nun zwar mit dieser Frage, gründet sich aber ausschliesslich auf Beobachtungen der nämlichen Art wie die, welche mir bei meiner Untersuchung zur Verfügung standen, nur dass auf seinen Platten im Allgemeinen beträchtlich schwächere Sterne enthalten sind als auf den von mir benutzten.

Wiewohl nun das Beobachtungsergebniss, zu dem der Verfasser gelangt, als eine schöne Bestätigung des von mir erhaltenen zu betrachten ist, meint er dennoch daraus einen entgegengesetzten Schluss ziehen zu müssen. Nach meiner Ueberzeugung ist die Berechtigung dazu nicht vorhanden, und ich bin der Meinung, dass durch diese Arbeit die Frage nach der Färbung der Sterne in der Milchstrasse ihrer Entscheidung nicht näher gebracht ist. Ich glaube es der hohen Autorität des Verfassers schuldig zu sein, dieses etwas eingehend darzuthun.

Das Beobachtungsergebniss der Platten für die Cape Photographic Durchmusterung, bestätigt durch das Ergebniss der Potsdamer Platten der Carte du ciel, lässt sich zu diesem Satze zusammenfassen: Sterne von gleicher visueller Helligkeit (nach den Schätzungen der BD., der SD., sowie des Gould'schen Zonencatalogs und der Uranometria Argentina)* sind in und in der Nähe der Milchstrasse photographisch um eine beträchtliche Quantität Δ heller als in grösserer Entfernung dieses Gürtels.

Definirt man für einen Augenblick die wahren visuellen Grössen so, dass sie am Pol der Milchstrasse in Uebereinstimmung sind mit den in der BD. enthaltenen Werthen, und die photographischen in der Weise, dass für diese nämliche Gegend photographische und visuelle Grösse einander im Mittel gleich sind; nennt man ferner bläulich die Sterne, die photographisch heller sind als visuell und nimmt man endlich

mit Herrn Scheiner an, dass, von rein zufälligen Abweichungen abgesehen, die photographischen Grössen für den ganzen Himmel homogen sind: so lassen sich die zwei Ursachen, die jede für sich oder zusammen im Stande sind, den gefundenen Unterschied zu erklären, so aussprechen:

a. Die visuellen Grössen (nach obengenannten Quellen) sind in der Milchstrasse systematisch zu schwach;

b. Die Sterne in der Milchstrasse sind bläulich.

Es scheint nun a priori klar, dass man ohne anderweitige Grundlage als die Unterschiede Δ (oder damit äquivalente Grössen) den Antheil, den jede dieser zwei Ursachen an diesem Unterschiede hat, nie wird bestimmen können.

Will man Aufschluss erhalten über die Realität resp. Quantität des Farbenunterschiedes (b), so muss man nothwendiger Weise etwas wissen über die systematische Abweichung der visuellen Grösse (a), und eben deshalb musste der Schluss meines Aufsatzes im Bull. de la carte du ciel, den ich hier der Deutlichkeit halber wiederhole, eine bedingte Form erhalten:

»Si l'on se refuse à admettre dans l'Uranométrie et dans le catalogue des zones de M. Gould, l'existence d'erreurs systématiques dépassant souvent d'une quantité assez notable, un demi-grandeur stellaire, on sera forcé de faire la conclusion suivante: la lumière des étoiles dans la voie lactée, ou dans son voisinage, est plus riche en rayons actiniques que la lumière des étoiles du même type spectral dans les latitudes galactiques considérables.«

Umgekehrt kann man natürlich aus den gefundenen Unterschieden Δ allein eben so wenig über die Realität (resp. Quantität) des systematischen Fehlers (a) Aufschluss erhalten, so lange man nichts weiss über den Betrag des Farbenunterschiedes (b), und wenn dennoch Herr Scheiner, ohne solche Kenntniss, die Existenz eines den ganzen Unterschied Δ erklärenden Fehlers in den visuellen Grössen darzuthun glaubt, so muss das darauf beruhen, dass er implicite annimmt, dass dieser Farbenunterschied nicht besteht, was aber eben zu beweisen war. Das Purkinje'sche Phaenomen kann nicht als Grund für eine solche Annahme der Nichtexistenz der Ursache b angeführt werden, selbst für die schwächsten Sterne der BD., denn dazu wäre erforderlich, dass die visuelle und photographische Grösse der gefärbten

* Nach der Einleitung der C. P. D. Seite (34) kann man hinzufügen: Thome's Durchmusterung.

Sterne einander gänzlich gleich würden, was auch Herr Scheiner nicht behauptet.

Ich glaube dass diese ganz allgemeinen Bemerkungen in der That schon genügen um zu zeigen, dass Herrn Scheiner's Beweis: »dass nicht eine Abhängigkeit der physischen Constitution der Sterne von ihrer Lage zur Milchstrasse, sondern allein eine sehr starke Ungleichmässigkeit in den Grössenschätzungen der BD. die Ursache des Eingangs aufgestellten und bereits von Herrn Kapteyn entdeckten Phaenomens ist« nicht richtig sein kann.

Es wird aber doch zur völligen Aufklärung der Sache gut sein, mit einigen Worten zu zeigen, wie die Hauptresultate, auf die Herr Scheiner sich stützt, und die er in den zwei letzten Tabellen am Ende seiner Abhandlung niedergelegt hat, sich ebenso gut durch die Hypothese b wie durch die Hypothese a erklären lassen.

Nach dem, was in der besprochenen Abhandlung gesagt wird über den Unterschied (Δm) der photographischen und visuellen Grösse für Sterne von verschiedener Spectralclass und über die Verkleinerung dieses Unterschiedes unter dem Einflusse des Purkinje'schen Phaenomens, muss für die schwächsten Sterne der BD., welche der III. Spectralclass angehören, Δm doch immer noch gut 1.5 Grösse betragen. Die Zahl der Sterne (die zu den schwächsten der BD. gehören), für welche $\Delta m = 1$ Gr. ist, muss deshalb gewiss eine schon recht beträchtliche sein. Nehmen wir nun an, was allgemein zugegeben wird, dass sich in der BD. eine ziemlich grosse Zahl von Sternen vorfindet, deren Grösse in Wirklichkeit zwischen 9.5 und 10.0 liegt, so ist klar, dass von diesen Sternen diejenigen, für welche $\Delta m = 1$ Gr. ist, sich photographisch als Sterne von der Grösse 10.5 bis 11.0 abbilden werden, und diese würden, bei einer Grenzgrösse 11.0 für die Platten, noch alle auf diesen enthalten sein können, wenn das Sternenlicht überall von der gleichen actinischen Wirksamkeit wäre. Sind aber die Sterne in der Milchstrasse etwas mehr bläulich, die beim Pole der Milchstrasse etwas mehr röthlich,*) so muss nothwendig in letzterer Gegend die Zahl der auf den Platten fehlenden Durchmusterungssterne eine ziemlich beträchtliche werden, indem zu gleicher Zeit in der Milchstrasse auch die selteneren Sterne, für welche $\Delta m > 1$ Gr. ist, grösstentheils auf den Platten erscheinen werden.

Ein solches Verhalten aber zeigt gerade die vorletzte Tabelle des Herrn Scheiner, welche somit vollständig erklärt ist.

Die letzte Tabelle bietet eben so wenig Schwierigkeit. Denn wenn es wahr ist, dass die Sterne in der Milchstrasse systematisch etwas bläulich sind, d. h. photographisch etwas heller als visuell, so kann hier nur einer sehr kleinen Zahl der BD.-Sterne (nämlich ausser einigen röthlichen Sternen nur einem Theil der Sterne, die in Wirklichkeit schwächer als 9.5 sind) eine photographische Grösse schwächer als 9.5 zukommen.

Am Pol der Milchstrasse dagegen, wo die Sterne systematisch röthlich, demnach die photographischen Grössen schwächer sind als die visuellen, müssen alle Sterne der

BD., die daselbst schwächer sind als 9.5, und ausserdem noch eine beträchtliche Zahl hellerer, sich abbilden als Sterne, deren Grösse geringer als 9.5 ist. Das ist aber gerade das, was die letzte Tabelle aussagt.

Damit ist die Berechtigung des Schlusses des Herrn Scheiner, wie ich glaube, vollständig zurückgewiesen.

Dennoch möchte ich noch einige Worte hinzufügen über die direct ermittelten Differenzen (Δm) der photographischen und visuellen Grössen.

Es wird gefunden

für $\Delta m = \text{phot. Gr. (Potsd.)} - \text{vis. Gr. (BD.)}$:

	Grösse 8.1–8.5	8.6–9.0	9.1–9.5
Sternarme Gegend	+0.19	+0.25	+0.40
Milchstrasse	–0.48	–0.32	+0.04
Unterschied (Δ)	+0.67	+0.57	+0.36

Zu diesen Zahlen Δ möchte ich bemerken, dass die letzte nothwendig viel zu klein gefunden ist, und auch die vorletzte wahrscheinlich noch um ein wenig erhöht werden muss. Das geht hervor aus einer Betrachtung, die ich schon in meiner erwähnten Abhandlung (S. 134 und 135) gegeben habe, und die im vorliegenden Falle darauf hinauskommt, dass für die schwächsten Sterne der BD. der Werth von Δm in der sternarmen Gegend nahezu richtig, dagegen in der Milchstrasse zu gross gefunden werden muss. Denn da in ersterer Gegend die BD. fast eben so reich ist wie die Platten, werden die Sterne, die photographisch 9.1–9.5 sind, nicht nur fast ohne Ausnahme in der BD. vorkommen, sondern ihre Grösse wird daselbst nur in seltenen Fällen 9.5 erreichen. Es liegt hier also keine Ursache vor, eine irrige Bestimmung von Δm zu erwarten. In der Gegend der Milchstrasse dagegen werden von den Sternen, die photographisch 9.1–9.5 sind, gewiss sehr viele in der BD. fehlen, so dass nur die visuell hellsten dieser Sterne mitgewirkt haben beim Ableiten des Werthes von Δm .

Dazu kommt noch, dass auch von den wirklich noch in der BD. vorkommenden Sternen eine grosse Zahl daselbst die Grösse 9.5 haben wird, die aber in der That (nach dem, was schon über die Grösse 9.5 der BD. gesagt ist) schwächer sind.

Beide Ursachen müssen offenbar zusammen gewirkt haben, um für Δm einen zu grossen, folglich für Δ einen zu kleinen Werth herauszubringen.

Nach meinen Erfahrungen bei den Vergleichen der C. P. D. mit anderen Catalogen bin ich überzeugt, dass der für Δ aus den Sternen 9.1–9.5 erhaltene Werth +0.36 wenigstens um 0.3 zu erhöhen sei. Etwas ähnliches, wenn auch in sehr viel geringerem, wahrscheinlich aber doch noch merklichem Grade, gilt für die Sterne 8.6–9.0.

Auf der anderen Seite scheint mir der Betrag, welchen der Verfasser daraus ableitet, dass, wie er findet, »das Dichtigkeitsverhältniss der Sterne auf den Potsdamer Aufnahmen zu denen der BD. bei Reduction auf homogenes Material nach der Milchstrasse zu um das 3.6 fache wächst«, nämlich

*) Wir nehmen hier der Klarheit wegen mit einer kleinen Abweichung von dem, was Eingangs festgestellt wurde, an, dass die photographischen und visuellen Grössen einander gleich sind, nicht am Pole der Milchstrasse sondern in mittleren galactischen Breiten (wie Herr Scheiner auch annimmt).

im Minimum eine volle Grössenklasse, etwas zu hoch gegriffen zu sein.

Mit der Formel von Gould (Uran. Argent. S. 354)

$$\Sigma_m = A K^m$$

wo Σ_m die Zahl der Sterne bis zur Grösse m inclusive bezeichnet, und $A = 0.5208$, $K = 3.8685$ ist, finde ich den Werth $\Delta = 0^m95$.

Diese Zahl aber wird kleiner bei Berücksichtigung der Anhäufung von Sternen der I. Spectralclassen in der Milchstrasse und sie verringert sich noch weiter, wenn, wie der Verfasser findet, K in der Milchstrasse bedeutend grösser ist als in sternärmeren Gegenden.

Durch diese Betrachtungen verschwindet der Widerspruch, welcher scheinbar in den Resultaten des Herrn Scheiner besteht, der für die schwächsten Sterne der BD. durch directe Vergleichen der Grössen einen Unterschied Δ von $+0^m36$, durch Zählungen aber einen solchen von im Minimum $+1^m0$ erhält.

Zugleich stellt sich heraus, dass der Werth von Δ für die schwächsten BD.-Sterne sich nicht gar zu beträchtlich von dem nämlichen Werth für die helleren Sterne entfernt. Das ist nun wieder in vorzüglicher Uebereinstimmung mit dem Ergebniss der Cap-Platten.

Diese Cap-Platten, die zusammen ein Areal von etwa 9000 Quadratgrad umfassen, haben aber den Vortheil, dass sie eine genügende Zahl von noch helleren Sternen (von der 5., 6., 7. Grösse) enthalten, d. h. von Sternen, die nicht nur in den Durchmusterungen und Zonencatalogen vorkommen, sondern auch in der Uranometria Argentina enthalten sind, deren Grössen mit so unendlicher Sorgfalt und so grossem Geschick bestimmt sind. Wenn etwas klar und unwidersprechlich aus den Vergleichen dieser helleren Sterne hervorgeht, so ist es dieses, dass für sie die Unterschiede Δ ziemlich gleiche oder eher noch etwas grössere Beträge erreichen als für die schwächeren Sterne.

Es fragt sich also: kommen in den Schätzungen der nördlichen BD. und der Uranometria Argentina (um von anderen Catalogen jetzt zu schweigen) für die hellen Sterne 5^m0 bis 9^m0 systematische Fehler vor, die den Betrag 0^m6 bis 0^m7 erreichen oder übersteigen?

Mir sind so grosse Beträge nach den leider sehr spärlichen Grundlagen, die dafür vorhanden waren, so unwahrscheinlich vorgekommen, dass nach meiner Meinung »on est conduit à conclure, avec une probabilité assez grande, qu'il reste des différences systematiques ... dues à la dernière

des causes énumérées, c'est à dire à des particularités dans la lumière même des étoiles« (Hyp. b).

Dem Verfasser der hier besprochenen Abhandlung aber standen bessere Grundlagen zu Gebote in der neulich erschienenen Arbeit des Herrn Seeliger, die gerade die Bestimmung des betreffenden Fehlers für den ersten der beiden genannten Cataloge zum Gegenstand hat. Diese mussten ihn aber noch stärker als mich selbst zu Gunsten der Hypothese b stimmen; denn der darin gefundene Betrag erklärt nur bei weitem den kleinsten Theil des fraglichen Unterschiedes, so dass immer noch etwa eine halbe Grösse zu erklären übrig bleibt. Ja selbst, wenn wir mit Herrn Scheiner zugeben, dass von rein zufälligen Abweichungen abgesehen die photographischen Grössen für den ganzen Himmel homogen sind, so bleibt uns, wie ich glaube, kein anderer Ausweg übrig als geradezu die Hypothese b unbedingt anzunehmen. Soweit gehe ich aber nicht, denn ich halte es noch immer für möglich, wenngleich nicht gerade für wahrscheinlich, dass durch ein Zusammentreffen vieler ungünstiger Umstände die Platten sowohl von Potsdam als auch von der Capsternwarte den Betrag der Unterschiede Δ beträchtlich zu gross ergeben haben, oder mit anderen Worten, dass für beide Serien von Platten die Scheiner'sche Annahme von der Homogenität der photographischen Grössen nicht zutrifft. Man bedenke, dass die betreffenden für ganz andere Zwecke bestimmten Platten auf eine Weise erhalten sind, die für die Entscheidung der vorliegenden Frage durchaus nicht zweckmässig ist. Ich glaube dennoch, wie ich dies schon in meiner früheren Abhandlung sagte, dass zur Beseitigung aller Zweifel eigens für diesen Zweck angestellte, directe photographische und photometrische Messungen unumgänglich nothwendig sind.

Schon sind an der Capsternwarte auf meine Bitte eine Zahl von Platten angefertigt, die nach der im Bulletin (S. 155) skizzirten Methode das gewünschte Resultat herbeiführen sollten, und diese Platten sind auch schon von Herrn Doctorandus de Sitter bearbeitet. Es hat sich aber dabei herausgestellt, und daran ist vorläufig die Sache gescheitert, dass die isochromatischen Platten (ohne bedeckendes gefärbtes Glas angewendet), was die relative Grösse der Durchmesser verschieden gefärbter Sterne betrifft, sich nicht von den gewöhnlichen Platten unterscheiden. Herr de Sitter macht jetzt an der Capsternwarte directe photometrische Bestimmungen von den aufgenommenen Regionen. Wir dürfen daher die Hoffnung aussprechen, dass die hier behandelte Frage in Kurzem ihre definitive Lösung finden wird.

Groningen 1898 Sept. 12.

J. C. Kapteyn.

Probekarte aus dem Atlas Stellarum Variabilium.

Von J. G. Hagen, S. J.

[Mit einer Tafel.]

Die beiliegende Probekarte, welche in Bd. 145 dieser Zeitschrift (S. 33 Anmerk.) in Aussicht gestellt wurde, möge einem Wunsche der Redaction entsprechend durch folgende Begleitzeilen erläutert werden.

Die Karte giebt ein Bild der drei ersten Serien des

Atlas, das heisst derjenigen Classe von Karten, welche die Veränderlichen mit lichtschwachem Minimum darstellen. Dass die vierte Serie für kleinere Instrumente, und die fünfte für das unbewaffnete Auge bestimmt sind, ist anderswo (V. J. S. XXXI S. 279) erklärt worden. Die drei Serien der hier zu